



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 27 674 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 02 D 41/18

21 Aktenzeichen: 199 27 674.9  
22 Anmeldetag: 17. 6. 1999  
43 Offenlegungstag: 21. 12. 2000

DE 199 27 674 A 1

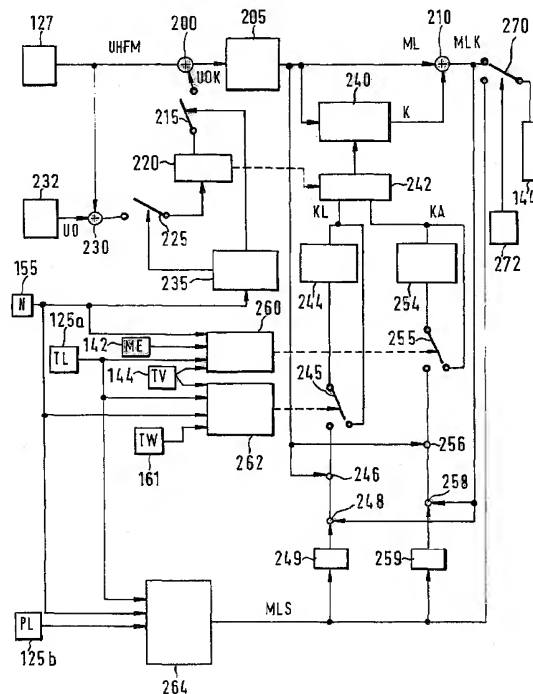
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Berger, Joachim, 73650 Winterbach, DE; Hartz,  
Martin, 70839 Gerlingen, DE; Strohrmann,  
Manfred, Dr., 76137 Karlsruhe, DE; Straub, Detlev,  
Dr., 70499 Stuttgart, DE; Schenk, Rene, 71732  
Tamm, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine beschrieben. Eine Temperaturgröße und eine Druckgröße werden mit Sensoren erfaßt. Ausgehend von wenigstens der Temperaturgröße und der Druckgröße wird eine erste Größe bestimmt, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Mit einem weiteren Sensor wird eine zweite Größe erfaßt, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Mittels der ersten Größe wird die zweite Größe adaptiert. Ferner wird die erste Größe als Ersatzwert für die zweite Größe verwendet.



DE 199 27 674 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine sind aus der DE-OS 39 25 877 (US 5 235 949) bekannt. Dort werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine beschrieben. Mittels Sensoren werden wenigstens eine Temperaturgröße und eine Druckgröße erfaßt. Ausgehend von der Temperaturgröße und der Druckgröße wird die Luftmasse bestimmt, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Alternativ ist vorgesehen, daß die Luftmasse mittels eines Sensors unmittelbar erfaßt wird.

Die ständige Berechnung der Luftmasse ausgehend von Temperatur und Druck ist für den dynamischen Betrieb zu langsam, da die Dynamik des Temperatursensors in der Regel zu gering ist. Andererseits kann ein Sensor, der beispielsweise die Luftmasse erfaßt, einer Drift- bzw. einer Alterung über der Betriebszeit unterliegen. Desweiteren ist es möglich, daß dieser Sensor ausfällt.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine ein möglichst genaues Signal bezüglich der Luftmasse bereitzustellen. Desweiteren soll gewährleistet werden, daß bei einem Ausfall des Sensors ein Ersatzsignal mit ausreichender Genauigkeit zur Verfügung steht.

## Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise kann das Ausgangssignal des Luftmassenmessers derart korrigiert werden, daß dieses eine sehr hohe Genauigkeit aufweist. Desweiteren steht für den Notfahrbetrieb, insbesondere bei Ausfall des Luftmassenmessers, ein Ersatzsignal zur Verfügung.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen **Fig. 1** ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Vorrichtung, **Fig. 2** ein detailliertes Blockdiagramm der Erfassung der Luftmasse, **Fig. 3** ein Zustandsdiagramm, **Fig. 4** verschiedene Flußdiagramme des erfindungsgemäßen Verfahrens und **Fig. 5** ein Blockdiagramm zur Bereitstellung des Ersatzwertes für den Notfahrbetrieb.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die **Fig. 1** zeigt grob schematisch ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Dieselmotorkraftmaschine. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise kann aber auch bei anderen Brennkraftmaschinentypen eingesetzt werden. Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorgehensweise am Beispiel der Luftmasse und der Kraftstoffmasse beschrieben. Die Vorgehensweise ist aber nicht auf die Verarbeitung von Massesignalen beschränkt, sie kann auch bei Mengengrößen, insbesondere bei Volumengrößen verwendet werden.

Die Brennkraftmaschine **100** erhält über eine Frischluft-

leitung **105** Frischluft zugeführt. In der Frischluftleitung sind Sensoren **125** angeordnet die Signale TL und/oder PL bereitstellen, die die Temperatur und/oder den Druck in der Frischluftleitung **105** charakterisieren. Das Abgas der Brennkraftmaschine wird über eine Abgasleitung **110** von der Brennkraftmaschine abgeführt. Das Abgas gelangt über eine Turbine **115** in eine Auspuffleitung **120**.

Die Turbine **115** ist über eine Laderwelle **132** mit einem Verdichter **130** verbunden, der die durch die Ansaugleitung **135** strömende Luft der Frischluftleitung **105** zuführt und dabei verdichtet. In der Ansaugleitung **135** oder in der Frischluftleitung **105** ist ein Luftmassensensor **127** angeordnet, der ein Signal ML bezüglich der angesaugten Luftmasse liefert. Über ein Abgasrückführventil **138** stehen die Abgasleitung **110** und die Frischluftleitung **105** in Verbindung.

Ferner ist ein elektronisches Steuergerät **140** vorgesehen. Dieses umfaßt unter anderem eine Mengensteuerung **142** und eine Abgassteuerung **144**. Die Mengensteuerung **142** beaufschlagt eine Kraftstoffzumeßeinheit **145** mit Signalen ME, die abhängig von diesen Signalen ME der Brennkraftmaschine eine definierte Kraftstoffmasse zumißt. Die Abgassteuerung **144** steuert einen elektropneumatischen Wandler **150** an. Dieser elektropneumatische Wandler **150** betätigt das Abgasrückführventil **138**.

Der Steuerung **140** werden neben den Signalen TL, PL und ML der Sensoren **125** und **127** weitere Signale N, FP und TW weiterer Sensoren **155**, **160** und **161** zugeleitet.

Der Verdichter **130** verdichtet die über die Ansaugleitung **135** einströmende Luft, die dann über die Frischluftleitung **105** zu der Brennkraftmaschine **100** gelangt. Das die Brennkraftmaschine verlassende Abgas gelangt über die Abgasleitung **110** zu der Turbine **115** und von dort in die Auspuffleitung **120**. Die Turbine **115** treibt den Verdichter **130** über die Laderwelle **132** an. Mittels des Abgasrückführventils **138** kann die Zusammensetzung, der der Brennkraftmaschine zugeführten Luft, beeinflußt werden. Die Abgassteuerung **144** gibt hierzu ein Signal TV mit entsprechendem Tastverhältnis an den elektropneumatischen Wandler **150**.

Die Kraftstoffzumeßeinheit **145** führt der Brennkraftmaschine **100**, die für die Verbrennung nötige Kraftstoffmenge zu. Die Ansteuersignale ME für die Kraftstoffzumeßeinheit **145** und das Tastverhältnis TV für den Wandler **150** werden von dem elektronischen Steuergerät **140** vorgegeben. Hierzu wertet das Steuergerät **140** verschiedene Signale aus.

Zur genauen Steuerung der Kraftstoffzumeßeinheit und/oder der Abgasrückführung muß die Größe ML, die die zugeführte Frischluftmasse charakterisiert, möglichst genau bekannt sein. Bei einem Ausfall und/oder Defekt des Luftmassenmessers **127** muß ein Ersatzsignal mit ausreichender Genauigkeit zur Verfügung stehen. Ferner kann der Luftmassenmesser **127** einer Alterung unterliegen. Dies würde dazu führen, daß das Ausgangssignal ML des Luftmassenmessers **127** einer Drift unterliegt. Um dies zu korrigieren ist ebenfalls ein Ersatzsignal erforderlich.

Erfindungsgemäß wird daher ausgehend von einer Temperaturgröße und einer Druckgröße eine erste Größe MLS bestimmt, die die Luftmasse charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Als Temperaturgröße wird vorzugsweise die Temperatur TL der Luft verwendet, die in die Brennkraftmaschine gelangt. Als Druckgröße wird vorzugsweise der Druck PL der Luft verwendet, die in die Brennkraftmaschine gelangt.

Die so simulierte Luftmasse MLS wird dazu verwendet das Signal des Luftmassenmessers **127** zu korrigieren. Erfindungsgemäß wurde erkannt, daß dieses Signal in bestimmten Betriebszuständen einen sehr genauen Luftmassenwert bereitstellt und daher in diesen Betriebszuständen zur Adaption des Luftmassenmessers **127** geeignet ist. In al-

len Betriebszuständen kann die so simulierte Luftmasse MLS als Ersatzwert bei einem Defekt des Luftmassenmessers **127** verwendet werden. Für den Notfahrbetrieb ist die Genauigkeit der simulierten Größe ausreichend.

In **Fig. 2** ist die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand eines Blockdiagramms detaillierter dargestellt. Bereits in **Fig. 1** beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Der Luftmassenmesser **127** liefert eine Ausgangsspannung UHFM an einen Verknüpfungspunkt **200** und an einen Verknüpfungspunkt **230**. Von dem Verknüpfungspunkt **200** gelangt das Signal zu einer Kennlinie **205**. In der Kennlinie **205** ist der Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung UHFM und der Größe ML, die die Luftmasse kennzeichnet, abgelegt. Das Ausgangssignal ML der Kennlinie **205** gelangt, die die Luftmasse kennzeichnet, zu einem Verknüpfungspunkt **210**. Das Ausgangssignal MLK des Verknüpfungspunktes **210** gelangt über ein Schaltmittel **270** zu der Abgasrückführsteuerung **144**.

An dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes **230** liegt das Ausgangssignal U0 einer Nullwertvorgabe **232**. Das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes **230** gelangt über ein Schaltmittel **225** zu einer Offset-Ermittlung **220**. Das Ausgangssignal der Offset-Ermittlung **220** gelangt über ein Schaltmittel **215** zu dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes **200**. Die Schaltmittel **215** und **225** werden von einer Steuerung **235** mit Steuersignalen beaufschlagt. Der Steuerung **235** wird wenigstens das Ausgangssignal N des Drehzahlsensors **155** zugeleitet.

An dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes **210** liegt das Ausgangssignal K einer Korrektur **240** an. Die Korrektur **240** wird zum einen mit dem Ausgangssignal ML der Kennlinie **205** und mit dem Ausgangssignal einer Abschaltung **242** beaufschlagt. Der Abschaltung **242** wird das Ausgangssignal KL eines ersten Tiefpasses **244** und das Ausgangssignal KA eines zweiten Tiefpasses **254** zugeleitet.

Dem ersten Tiefpaß **244** wird über ein Schaltmittel **245** wahlweise ein Ausgangssignal eines Verknüpfungspunktes **246** bzw. das Ausgangssignal des ersten Tiefpasses **244** zugeleitet. Dem Verknüpfungspunkt **246** wird zum einen das Ausgangssignal ML der Kennlinie **205** und zum anderen ein Ausgangssignal eines Verknüpfungspunktes **248** zugeleitet. Dem Verknüpfungspunkt **248** wird das Ausgangssignal einer ersten Korrektur **249** und das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes **210** zugeleitet. Die erste Korrektur **249** wird mit dem Ausgangssignal MLS einer Luftmassenberechnung **264** beaufschlagt.

Dem zweiten Tiefpaß **254** wird über ein Schaltmittel **255** wahlweise ein Ausgangssignal eines Verknüpfungspunktes **256** bzw. das Ausgangssignal des zweiten Tiefpasses **254** zugeleitet. Dem Verknüpfungspunkt **256** wird zum einen das Ausgangssignal ML der Kennlinie **205** und zum anderen ein Ausgangssignal eines Verknüpfungspunktes **258** zugeleitet. Dem Verknüpfungspunkt **258** wird das Ausgangssignal einer zweiten Korrektur **259** und das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes **210** zugeleitet. Die zweite Korrektur **259** wird mit dem Ausgangssignal MLS der Luftmassenberechnung **264** beaufschlagt.

Das Ausgangssignal MLS der Luftmassenberechnung **264** gelangt ferner zu dem zweiten Schalteingang des Schaltmittels **270**. Das Schaltmittel **270** wird von einer Fehlererkennung **272** angesteuert.

Der Luftmassenberechnung **264** werden das Ausgangssignal des Drehzahlsensors **155**, das Ausgangssignal PL des Ladelufttemperatursensors **125a** und das Ausgangssignal PL des Ladedrucksensors **125b** zugeleitet.

Das Schaltmittel **255** wird von einer ersten Logik **260** angesteuert. Der ersten Logik **260** werden das Ausgangssignal

N des Drehzahlsensors, das Ausgangssignal ME der Mengensteuerung **142**, das Ladelufttemperatursignal TL und das Tastverhältnis TV der Abgasrückführsteuerung **144** zugeleitet.

Das Schaltmittel **245** wird von einer zweiten Logik **262** angesteuert. Der zweiten Logik **262** werden das Ausgangssignal TW des Kühlwassertemperatursensors, das Ausgangssignal TV der Abgasrückführsteuerung **144**, das Drehzahlsignal N und das Signal TL des Ladelufttemperatursensors **125a** zugeleitet. Die Funktionsweise dieser Vorrichtung wird im folgenden anhand der **Fig. 3, 4** und **5** beschrieben. In der Kennlinie **205** ist der Zusammenhang zwischen der Ausgangsspannung UHFM des Luftmassenmessers **127** und der Luftmasse ML abgespeichert. Die in der Kennlinie **205** abgespeicherte Kennlinie und die tatsächliche Kennlinie des Luftmassenmessers stimmen in der Regel nicht völlig überein. Dabei tritt unter anderem eine Offset-Spannung auf. Diese wird vorzugsweise bei stillstehender Brennkraftmaschine kompensiert. Hierzu wird das Ausgangssignal des Luftmassenmessers **127** mit dem Ausgangssignal U0 der Nullwertvorgabe **232** in dem Verknüpfungspunkt **230** verglichen. Diese Differenz U0K wird in der Offset-Ermittlung **220** abgespeichert. Im normalen Betrieb wird das Ausgangssignal UHFM des Luftmassenmessers **127** im Verknüpfungspunkt **200** um diesen Wert U0K korrigiert.

Mit dem Schaltmittel **225** soll zum Ausdruck gebracht werden, daß der erste Korrekturwert U0K bei stillstehender Brennkraftmaschine, d. h. wenn die Drehzahl N den Wert 0 annimmt ermittelt wird. Mit dem Schaltmittel **215** soll zum Ausdruck gebracht werden, daß der erste Korrekturwert U0K bei Drehzahlen größer Null zur Korrektur des Ausgangssignals des Luftmassenmessers **127** verwendet wird. Dies bedeutet, die Steuerung **235** steuert die Schaltmittel **215** und **225** abhängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine an.

Dies bedeutet bei stehender Brennkraftmaschine wird die Differenz zwischen dem Ausgangssignal UHFM des Luftmassenmessers **127** und dem erwarteten Wert U0 bei der Luftmasse Null verglichen. Bei laufender Brennkraftmaschine wird das Ausgangssignal UHFM des Luftmassenmessers um diese Differenz U0K korrigiert.

Erfindungsgemäß wird bei stehender Brennkraftmaschine der erste Korrekturwert U0K ermittelt, der zur Korrektur des Offset-Fehlers des Luftmassenmessers **127** im laufenden Betrieb verwendet wird. Zur Ermittlung des Korrekturwerts U0K wird das Ausgangssignal UHFM des Luftmassenmessers **127** mit dem Nullwert verglichen. Dieser Nullwert entspricht dem Wert des Ausgangssignals des Luftmassenmessers, der bei der Luftmasse Null vorliegen sollte.

Die Ermittlung zweiter und dritter Korrekturwerte erfolgt in Betriebszuständen, in denen ein thermisches Gleichgewicht zwischen der Motortemperatur und der Lufttemperatur vorliegt. Dies ist vorzugsweise beim Start der Brennkraftmaschine gegeben. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß das Signal des Ladedruckfühlers **125b** mit dem Signal eines Atmosphärendruckfühlers abgeglichen wird.

Das so korrigierte Spannungssignal des Luftmassenmessers wird mit Hilfe der Kennlinie **205** in das Luftmassensignal ML umgerechnet. Dieses Luftmassensignal ML wird im Verknüpfungspunkt **210** mit dem Ausgangssignal K der Korrektur **240** korrigiert. Über das Schaltmittel **270** gelangt es dann zur Abgasrückführsteuerung **144**. Neben der Abgasrückführsteuerung können auch andere Funktionen mit dem korrigierten Luftmassensignal MLK beaufschlagt werden.

Zur Ermittlung des Korrekturwerts K wird wie folgt vorgegangen. Der korrigierte Luftmassenstrom MLK wird mit einem aus dem Ladedruck PL, der Ladelufttemperatur TL und der Drehzahl N berechneten Wert verglichen. Ausge-

hend von diesem Vergleich wird dann der Korrekturwert K zur Korrektur des Ausgangssignals ML der Kennlinie **205** vorgegeben. Die Berechnung der Luftmasse aus dem Ladedruck PL, der Ladelufttemperatur TL und der Drehzahl erfolgt vorzugsweise mittels der allgemeinen Gasgleichung.

Die Berechnung des Korrekturwerts K erfolgt in bestimmten Betriebszuständen. Diese in bestimmten Betriebszuständen berechneten Korrekturwerte K werden dann in den übrigen Betriebszuständen zur Korrektur verwendet. In bestimmten Betriebszuständen wird die gemessene Luftmasse mit der berechneten Luftmasse verglichen; ausgehend von diesem Vergleich werden Korrekturwerte bestimmt, die im laufenden Betrieb zur Korrektur des Luftmassensignals verwendet werden.

Die Ermittlung der zweiten und dritten Korrekturwerte erfolgt vorzugsweise im Leerlaufbetrieb und/oder in Betriebszuständen, in denen keine Abgasrückführung erfolgt.

Diese Auswahl der Betriebszustände ist durch die Schaltmittel **245** und **255** dargestellt. Die erste Logik **260** und die zweite Logik **262** erkennen die Betriebszustände, in denen die Korrekturwerte ermittelt werden und leiten dann die Differenz zwischen dem berechneten und dem gemessenen Luftmassensignal über die Tiefpässe **244** bzw. **254** an die Korrektur **240** weiter.

Im Leerlaufbetrieb wird in dem Verknüpfungspunkt **248** die Differenz zwischen dem gemessenen Wert MLK und dem berechneten Wert für die Luftmasse gebildet. Anschließend in dem Verknüpfungspunkt **246** wird diese Differenz auf den Luftmassenwert ML normiert. Anschließend erfolgt eine Filterung mittels des Tiefpasses **244**. Dieser Tiefpaß hat eine sehr große Zeitkonstante, die sich in der Größenordnung von einigen Minuten befindet. Somit ergibt sich für den Luftmassenbedarf im Leerlauf ein vorzugsweiser multiplikativer Korrekturfaktor KL, der bezogen auf den Luftmassenstrom ist.

Der zweite Korrekturwert KL wird im Leerlauf ermittelt. Werden die Bedingungen für den Leerlaufbetrieb nicht erfüllt, d. h. das Schaltmittel **245** ist in seinem geöffneten Zustand, bleibt der vorhandene Korrekturwert erhalten, d. h. der zweite Korrekturwert ML steht ständig am Ausgang des Tiefpasses an bzw. wird in einem geeigneten Speichermittel abgespeichert.

Die Ermittlung des zweiten Korrekturwerts im Leerlaufbetrieb erfolgt, wenn die folgenden Bedingungen vorliegen. Der Unterschied zwischen der Temperatur TW des Kühlwassers und der Temperatur TL der angesaugten Luft ist kleiner als  $10^\circ$ . Es erfolgt keine Abgasrückführung, dies bedeutet das Ventil **138** ist geschlossen. Die Drehzahl entspricht der Leerlaufdrehzahl. Die Signale des Ladedruckfühlers **125b** und eines Atmosphärendruckfühlers nehmen die gleichen Werte an.

Im Betrieb ohne Abgasrückführung, dies bedeutet, das Ventil **138** ist geschlossen, wird in den Verknüpfungspunkten **258** die Differenz zwischen dem gemessenen Wert MLK und dem berechneten Wert für die Luftmasse gebildet. Anschließend in dem Verknüpfungspunkt **256** wird diese Differenz auf den Luftmassenwert ML normiert. Anschließend erfolgt eine Filterung mittels des Tiefpasses **254**. Dieser Tiefpaß hat eine sehr große Zeitkonstante, die sich in der Größenordnung von einigen Minuten befindet. Somit ergibt sich für den Luftmassenbedarf in Zuständen ohne Abgasrückführung ein vorzugsweise additiver Korrekturfaktor KA, der bezogen auf den Luftmassenstrom ist. Erfolgt eine Abgasrückführung, d. h. das Schaltmittel **255** ist in seinem geöffneten Zustand, bleibt der vorhandene Korrekturwert erhalten, d. h. der dritte Korrekturwert KA steht ständig am Ausgang des Tiefpasses an bzw. wird in einem geeigneten Speichermittel abgespeichert.

Der dritte Korrekturwert KA wird mit abgeschalteter Abgasrückführung ermittelt. Solche Betriebszustände liegen in der Regel vor, wenn die Drehzahl N der Brennkraftmaschine größer als ein erster Schwellenwert S1 und kleiner als ein zweiter Schwellenwert S2 ist. Entsprechendes gilt für die einzuspritzende Kraftstoffmasse ME.

Der dritte Korrekturwert KA wird ermittelt, wenn die folgenden Bedingungen vorliegen. Die Abgasrückführung ist abgeschaltet, das bedeutet das Ventil **138** ist geschlossen. Die Änderung der Ladelufttemperatur TL ist kleiner als ein Grenzwert. Dies bedeutet, die Ladelufttemperatur TL ist nahezu konstant. Die Drehzahl N und ein die Last kennzeichnendes Signal sind größer als ein erster Schwellenwert und kleiner als ein zweiter Schwellenwert.

Vorzugsweise wird die korrigierte Luftmasse MLK mittels einer abschnittswise linearen Interpolation berechnet. In einem ersten Bereich der Luftmasse für Luftmassen, die kleiner als ein Wert MLL sind, gilt die erste Formel.

$$MLK = (KL \cdot ML \cdot MLL) / MLL$$

In einem zweiten Bereich der Luftmasse, die größer als ein Wert MLL und kleiner als ein Wert MLA sind, gilt die zweite Formel.

$$MLK = KL \cdot MLL + (KA - KL) / (MLA - MLL) \cdot (ML - MLL)$$

In einem dritten Bereich der Luftmasse, die größer als ein Wert MLA sind, gilt die dritte Formel.

$$MLK = KA \cdot ML$$

Erkennt die Abschaltung **242** einen Fehler der Korrektur, werden die letzten gültigen Korrekturwerte abgespeichert und die Berechnung der korrigierten Luftmasse erfolgt mit diesen abgespeicherten Werten. Ein Fehler der Korrektur liegt vor, wenn die Korrekturwerte eine unplausible Grenze überschreiten.

Die Adaption bzw. die Ermittlung der Korrekturwerte kann verschiedene Zustände annehmen. Diese Zustände sind in der **Fig. 3** als Zustandsdiagramm dargestellt. Ein erster Zustand **310**, der als Zustand "Zündung aus" bezeichnet ist, ist dadurch definiert, daß die Brennkraftmaschine ausgeschaltet ist. D. h. der Zündschalter befindet sich in seiner ausgeschalteten Stellung.

Ein zweiter Zustand **320** wird als "Normalbetrieb" bezeichnet. Dieser Zustand **320** ist dadurch gekennzeichnet, daß die Luftmasse mit dem Luftmassenmesser **127** erfaßt und mittels des Korrekturwerts K korrigiert wird. Desweiteren ist die Lernfunktion der Korrekturwerte aktiv, d. h. wird ein Betriebszustand erkannt, in dem die Korrekturwerte KL bzw. KA ermittelt werden können, so wird dies durchgeführt und es werden die neuen Korrekturwerten abgespeichert.

Ein dritter Zustand wird als "Offset-Spannung" bezeichnet. Dieser Zustand ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zündung eingeschaltet ist, die Brennkraftmaschine noch nicht oder nicht mehr läuft. D. h. die Brennkraftmaschine wurde noch nicht gestartet, dieser Zustand wird als Vorlauf bezeichnet, bzw. die Brennkraftmaschine wurde vor kurzem abgeschaltet, dieser Zustand wird als Steuergerätenachlauf bezeichnet. In diesem Zustand nimmt die Drehzahl der Brennkraftmaschine den Wert Null an. In diesem Zustand wird der erste Korrekturwert UOK zur Kompensation der Offset-Spannung bestimmt.

Ein vierter Zustand **340** wird als "Notbetrieb" bezeichnet. In diesem Zustand wurden fehlerhafte Korrekturwerte KL, KA bzw. UOK ermittelt. Dieser Zustand entspricht weitest-

gehend dem Normalbetrieb mit Ausnahme davon, daß die Lernfunktion nicht aktiv ist, d. h. keine neuen Korrekturwerte abgespeichert und verwendet werden. Dieser Notbetrieb liegt vor, wenn ein Fehler der Korrektur erkannt wurde. Ein solcher Fehler der Korrektur liegt vor, wenn der Wert UOK zur Korrektur der Offset-Spannung größer als ein applizierbarer Grenzwert ist und/oder einer der beiden Korrekturwerte KL bzw. KA größer als ein Grenzwert ist.

Im Zustand "Zündung aus" werden bei vorhergehendem Betrieb die Brennkraftmaschine die erkannten Korrekturwerte derart abgespeichert, daß sie beim nächsten Start der Brennkraftmaschine zur Verfügung stehen. Die Abspeicherung erfolgt vorzugsweise in einem EEPROM. Bei der Initialisierung z. B. im Rahmen des Kundendienstes oder nach Neueinbau eines Steuergerätes werden die Korrekturwerte auf Null gesetzt.

Im zweiten Zustand "Normalbetrieb" wird die von dem Luftmassenmesser gemessene Spannung um den abgespeicherten Korrekturwert UOK für zur Kompensation der Offset-Spannung korrigiert, danach wird dieser korrigierte Wert mit dem Wert K korrigiert. Werden verschiedene Betriebspunkte, in denen die Leerlaufbedingung erfüllt ist oder in denen die Abgasrückführung abgeschaltet ist, angefahren, werden die entsprechenden Korrekturwerte KL oder KA ermittelt. Überschreitet der Betrag der Korrekturwerte KL bzw. KA einen Grenzwert, erkennt die Abschaltung 242 auf Fehler der Korrektur.

In dem dritten Zustand 330, der als Offset-Spannung bezeichnet wird, wird im Motorstillstand und eingeschalteter Zündung der Korrekturwert UOK durch Vergleich des Ausgangssignals des Luftmassensensors mit dem Ausgangssignal der Nullwertvorgabe 332 ermittelt. Die Differenz der beiden Werte wird abgespeichert, wenn nach der Messung weiterhin die Drehzahl den Wert Null annimmt.

In dem Zustand 340 "Notbetrieb" wird die gemessene Spannung des Luftmassenmessers mit den abgespeicherten Korrekturwerten UOK, bzw. K korrigiert. Die Korrekturwerte KL und KA werden bei Erreichen der entsprechenden Betriebszustände ermittelt. Liegen die beiden Korrekturwerte KL und KA und die Spannungsdifferenz UOK in ihren zulässigen Wertebereich, erkennt das System die Heilung des Fehlers der Korrektur.

Im folgenden sind die Übergänge zwischen den einzelnen Zuständen in Form verschiedener Flußdiagramme dargestellt.

In der Fig. 4a sind die Übergänge ausgehend von dem Zustand 310, der auch als "Zündung aus" bezeichnet ist, dargestellt. Die Abfrage 400 überprüft, ob der Zündschalter sich in der eingeschalteten Position befindet. Ist dies nicht der Fall, wird weiterhin der Zustand 310 "Zündung aus" erkannt. Erkennt die Abfrage 400, daß der Zündschalter eingeschaltet ist, folgt die Abfrage 410. Die Abfrage 410 überprüft, ob die Drehzahl den Wert Null annimmt. Ist dies der Fall, wird in den Zustand 330 (Offset-Spannung) übergegangen. Erkennt die Abfrage 410 dagegen, daß die Drehzahl ungleich Null ist, so überprüft die Abfrage 420, ob ein Fehler bei der Kompensation aufgetreten ist, d. h. ob die Differenz der Offset-Spannung und des zugehörigen Sollwertes größer als der vorgegebene Schwellenwert ist und/oder ob einer der Korrekturwerte KL oder NA größer als eine vorgebbare Schwelle ist. Wird ein solcher Fehler von der Abfrage 420 erkannt, erfolgt der Übergang in den Zustand 340 (Notbetrieb). Erkennt die Abfrage 420 keinen Fehler, so erfolgt der Übergang in den Zustand 320 (Normalbetrieb).

Dies bedeutet, ist der Zündschalter in seiner eingeschalteten Position und nimmt die Drehzahl den Wert Null an, so wird im Zustand 330 die Offset-Spannung bestimmt. Ist die Zündung in ihrem eingeschalteten Zustand, die Drehzahl N

größer Null und liegt kein Fehler vor, werden bei Erreichen der bestimmten Betriebszustände, die Korrekturwerte ermittelt. Ist der Zündschalter in seiner eingeschalteten Position, die Drehzahl größer Null und liegt ein Fehler bei der Korrekturwertermittlung vor, werden die Korrekturwerte wohl neu ermittelt, aber nicht abgespeichert, sondern zur Korrektur werden die letzten gültigen Korrekturwerte verwendet.

In Fig. 4b sind Übergänge ausgehend von dem Zustand 330, in dem die Offset-Spannung ermittelt wird, dargestellt. Ausgehend von dem Schritt 310, in dem die Offset-Spannung ermittelt wird, folgt die Abfrage 440, in der überprüft wird, ob der Korrekturwert UOK bereits ermittelt wurde. Ist dies nicht der Fall, so verbleibt die Einrichtung im Zustand Offset-Spannung ermitteln. Die Abfrage 440 erkennt, daß der Offset erfaßt ist, wenn zum einen der Korrekturwert UOK ermittelt ist und anschließend die Drehzahl noch den Wert Null annimmt, bzw. sobald die Drehzahl einen Wert größer als Null annimmt.

Erkennt die Abfrage 440, daß der Korrekturwert UOK erfaßt ist, folgt die Abfrage 400, die überprüft, ob sich der Zündschalter in seiner eingeschalteten Position befindet. Ist dies nicht der Fall, so wird auf den Zustand 310 (Zündung aus) erkannt. Erkennt die Abfrage 400, daß der Zündschalter in seiner eingeschalteten Position ist, erfolgt die Abfrage 420, die überprüft, ob ein Fehler bei der Korrekturwertermittlung vorliegt. Liegt kein Fehler vor, folgt der Übergang in den Zustand 320 (Normalbetrieb). Liegt ein Fehler vor, erfolgt ein Übergang in den Zustand 340 (Notbetrieb).

Ein Übergang in den Zustand 310 (Zündung aus) erfolgt, wenn der Korrekturwert UOK erfaßt ist oder der Zündschalter sich in seiner Außenposition befindet. Der Übergang in den Normalbetrieb 320 erfolgt, wenn der Korrekturwert UOK erfaßt, der Zündschalter eingeschaltet und kein Fehler vorliegt. Der Übergang in den Zustand 340 (Notbetrieb) erfolgt, wenn der Korrekturwert UOK erfaßt, der Zündschalter eingeschaltet und ein Fehler vorliegt.

In der Fig. 4c sind die Übergänge ausgehend von dem Zustand 320 (Normalbetrieb) dargestellt. Die erste Abfrage 420 überprüft, ob ein Fehler bei der Korrekturwertermittlung vorliegt. Ist dies der Fall, so erfolgt der Übergang in den Zustand 340 (Notbetrieb). Ist dies nicht der Fall, so überprüft die Abfrage 400, ob der Zündschalter betätigt ist. Ist dies der Fall, so verbleibt die Einrichtung im Zustand "Normalbetrieb". Ist der Zündschalter nicht mehr in seinem eingeschalteten Zustand, so überprüft die Abfrage 430, ob sich die Steuereinrichtung in ihrem Nachlauf befindet. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt der Übergang in den Zustand 310 "Zündung aus". Ist dies der Fall, so überprüft die Abfrage 410, ob die Drehzahl N gleich Null ist. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt erneut die Abfrage 430. Erkennt die Abfrage 410, daß die Drehzahl gleich Null ist, so erfolgt der Übergang in den Schritt 330 (Offset-Spannung).

Der Übergang in den Zustand 310 (Zündung aus) erfolgt, wenn der Zündschalter sich nicht mehr in seiner eingeschalteten Position befindet und kein Steuergerätenachlauf vorliegt. Bei dem Steuergerätenachlauf handelt es sich um einen besonderen Zustand des Steuergeräts zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, in dem der Zündschalter ausgeschaltet ist, aber verschiedene Programmschritte noch abgearbeitet werden. Hierbei werden üblicherweise verschiedene Werte abgespeichert und/oder Prüfprogramme abgearbeitet.

Der Übergang in den Zustand 330 (Offset-Spannung) erfolgt, wenn der Zündschalter nicht mehr betätigt ist, die Drehzahl den Wert Null annimmt und sich das Steuergerät im Nachlauf befindet. Der Übergang in den Zustand 340 (Notbetrieb) erfolgt, wenn ein Fehler bei der Korrekturwertermittlung erkannt wird.

In Fig. 4d sind die Übergänge ausgehend von dem Zu-

stand **340** (Notbetrieb) dargestellt. Eine erste Abfrage **400** überprüft, ob der Zündschalter sich in seinem eingeschalteten Zustand befindet. Ist dies der Fall, so überprüft die Abfrage **420**, ob weiterhin ein Fehler vorliegt. Ist dies der Fall, so bleibt diese Einrichtung in dem Zustand **340** (Notbetrieb). Erkennt die Abfrage **420**, daß kein Fehler mehr vorliegt, so erfolgt ein Übergang in den Zustand Normalbetrieb. Erkennt die Abfrage **400**, daß der Zündschalter sich nicht mehr in seinem eingeschalteten Zustand befindet, so überprüft die Abfrage **430**, ob sich die Steuereinrichtung in ihrem Nachlauf befindet. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt der Übergang in den Zustand **310** (Zündung aus). Ist dies der Fall, so überprüft die Abfrage **410**, ob die Drehzahl den Wert Null annimmt. Erkennt die Abfrage **410**, daß die Drehzahl den Wert Null abnimmt, so erfolgt der Übergang in den Zustand **330** (Offset-Spannung ermitteln). Erkennt die Abfrage **410**, daß die Drehzahl nicht den Wert Null annimmt, so erfolgt erneut die Abfrage **430**.

Der Übergang in den Zustand **310** (Zündung aus) erfolgt, wenn der Zündschalter nicht betätigt ist und kein Steuergerätenachlauf vorliegt. Der Übergang in den Zustand **330** Bestimmung der Offset-Spannung erfolgt, wenn sich der Zündschalter in seinem ausgeschalteten Zustand befindet, die Drehzahl den Wert Null annimmt und sich das Steuergerät im Nachlauf befindet. Der Übergang in den Zustand **320** (Normalbetrieb) erfolgt, wenn kein Fehler mehr vorliegt, d. h. Korrekturwerte KL, KA und UOK wieder kleiner als vorgebbare Grenzwerte sind.

Erfindungsgemäß wird der Luftmassensensor **127** dadurch abgeglichen, d. h. dessen Ausgangssignal korrigiert, daß das Ausgangssignal mit einem Referenzwert verglichen wird. Dieser Referenzwert wird mit anderen Sensoren erfaßt. Die Berechnung und der Vergleich mit dem Referenzwert MLS erfolgt in Betriebszuständen, in denen der Referenzwert einfach und/oder mit hoher Genauigkeit aus wenigen meßbaren Größen berechnet werden kann. Dabei werden verschiedene Fälle unterschieden.

Aufgrund von verschiedenen Effekten insbesondere durch Verunreinigungen weist die Kennlinie des Luftmassenmessers eine Offset-Spannung auf, d. h. daß bei einer Luftmasse von Null liegt an dem Ausgang des Sensors eine bestimmte Spannung an. Diese Offset-Spannung wird insbesondere durch Verunreinigungen verursacht. Zur Korrektur dieser Offset-Spannung wird im Motorstillstand, d. h. bei Drehzahl gleich Null, das Ausgangssignal erfaßt und mit einem Nullmengenwert verglichen. Ausgehend von diesem Vergleich wird der Korrekturwert UOK zur Offset-Kompensation bestimmt.

Ein weiterer Zustand liegt vor, wenn sich die Brennkraftmaschine im Leerlaufbetrieb befindet. Bei abgeschalteter Abgasrückführung wird der von der Brennkraftmaschine angesaugte Luftmassenstrom über die Messung des Ladedrucks PL und der Ladelufttemperatur TL sowie der Motordrehzahl N berechnet. Diese Berechnung erfolgt vorzugsweise auf Grundlage der allgemeinen Gasgleichung.

$$ML = K \cdot (PL \cdot N \cdot V) / (2 \cdot R \cdot TL)$$

Dabei handelt es sich bei der Größe R und V um Konstanten, bei der Größe K um den Füllungsgrad für den betrachteten Betriebspunkt.

Bei einem Ausfall des Luftmassensensors **127** kann der Referenzwert, der vorzugsweise aus der Ladelufttemperatur und dem Ladedruck berechnet wird, als Ersatzgröße verwendet werden. Hierzu ist vorgesehen, daß die Fehlererkennung **272** einen Fehler des Luftmassensensors **127** erkennt und den Schalter **270** derart schaltet, daß das Ausgangssignal der Luftmassenberechnung **264** unmittelbar zu dem

Block **144** gelangt.

Dies bedeutet, bei Ausfall des Luftmassenmessers wird ein Ersatzwert MLS der Luftmasse ML verwendet, der ausgehend von dem Ladedruck PL, der Ladelufttemperatur TL und/oder der Drehzahl berechnet wird. Als Ersatzwert für die Ladelufttemperatur TL kann auch ein Temperatursensor verwendet werden, der die Ansauglufttemperatur mißt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Lufttemperatur TL gemessen und anschließend betriebspunktabhängig korrigiert wird. Entsprechendes gilt auch für den Ladedruck PL. Dieser wird gemessen und betriebspunktabhängig korrigiert. Mit der betriebspunktabhängigen Korrektur des Ladedrucks werden insbesondere drehzahlabhängige Drosselwirkungen der Einlaßventile der Brennkraftmaschine berücksichtigt. Die Korrektur der Ladelufttemperatur erfolgt, um die Temperaturdifferenz zwischen dem Meßpunkt im Ansaugtrakt und der mittleren Lufttemperatur im Zylinder bei Schließen der Einlaßventile zu kompensieren. Diese Korrektur erfolgt vorzugsweise drehzahl- und kraftstoffmassenabhängig.

Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 5** dargestellt. Bereits beschriebene Elemente sind mit den entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet. Das Ausgangssignal TL des Temperatursensors **125a** gelangt über einen Verknüpfungspunkt **515** zur Luftmasseaberechnung **264**. Am zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes **515** liegt das Ausgangssignal einer Temperaturkorrektur **510**, der das Ausgangssignal N des Drehzahlsensors **155** und das Kraftstoffmassensignal ME zugeführt wird. Das Ausgangssignal TL des Drucksensors **125b** gelangt über einen Verknüpfungspunkt **505** zu der Luftmassenberechnung **264**. Am Eingang des Verknüpfungspunktes **500b** liegt das Ausgangssignal der ersten Korrektur **500**, der das Ausgangssignal N des Drehzahlsensors **155** zugeleitet wird.

In den Verknüpfungspunkten **505** und **515** wird das Ausgangssignal der Sensoren TL und PL abhängig von der Drehzahl bzw. abhängig von der Drehzahl und der eingespritzten Kraftstoffmasse vorzugsweise additiv und/oder multiplikativ korrigiert.

Der so berechnete Wert für die Luftmasse ML wird vorzugsweise zur Begrenzung der eingespritzten Kraftstoffmasse verwendet. Dies bedeutet ausgehend von der Luftmasse ML wird eine zulässige Kraftstoffmasse vorgegeben, die bei der Kraftstoffzumessung nicht überschritten wird. Diese höchstzulässige Kraftstoffmasse wird so vorgegeben, daß keine oder nur sehr geringe Rußemissionen auftreten.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, wobei mittels Sensoren wenigstens eine Temperaturgröße und eine Druckgröße erfaßt werden, wobei ausgehend von wenigstens der Temperaturgröße und der Druckgröße eine erste Größe bestimmt wird, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird, wobei mit einem weiteren Sensor eine zweite Größe erfaßt wird, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird, wobei mittels der ersten Größe die zweite Größe adaptiert und/oder die erste Größe als Ersatzwert für die zweite Größe verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in bestimmten Betriebszuständen die zweite Größe, die der gemessenen Luftmenge entspricht, mit der ersten Größe, die der berechneten Luftmenge entspricht, verglichen wird und daß ausgehend von diesem Vergleich Korrekturwerte bestimmt werden, die im laufenden Betrieb zur Korrektur der zweiten Größe

verwendet werden.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei stehender Brennkraftmaschine ein erster Korrekturwert (U0K) ermittelt, der zur Korrektur eines Offset-Fehlers verwendet wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des ersten Korrekturwerts (U0K) die zweite Größe mit einem Nullwert verglichen wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise im Leerlaufbetrieb und/oder in Betriebszuständen ohne Abgasrückführung zweite und/oder dritte Korrekturwerte ermittelt werden. 15
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Korrekturwert (KL) im Leerlaufbetrieb und/oder der dritte Korrekturwert (KA) mit abgeschalteter Abgasrückführung ermittelt wird. 20
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Größe ausgehend von dem Ladedruck (PL) und/oder der Ladelufttemperatur (TL) und/oder der Motordrehzahl (N) berechnet wird. 25
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Berechnung vorzugsweise mittels der allgemeinen Gasgleichung erfolgt. 30
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladelufttemperatur (TL) und/oder der Ladedruck(PL) abhängig vom Betriebszustand korrigierbar sind. 35
10. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, mit Sensoren, die wenigstens eine Temperaturgröße und eine Druckgröße erfassen, mit ersten Mitteln, die ausgehend von wenigstens der Temperaturgröße und der Druckgröße eine erste Größe bestimmen, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird, mit einem weiteren Sensor, der eine zweite Größe erfaßt, die die Luftmenge charakterisiert, die der Brennkraftmaschine zugeführt wird, mit zweiten Mitteln, die mittels der ersten Größe die zweite Größe adaptieren und/oder die die erste Größe als Ersatzwert für die zweite Größe verwenden. 40

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65

- Leerseite -



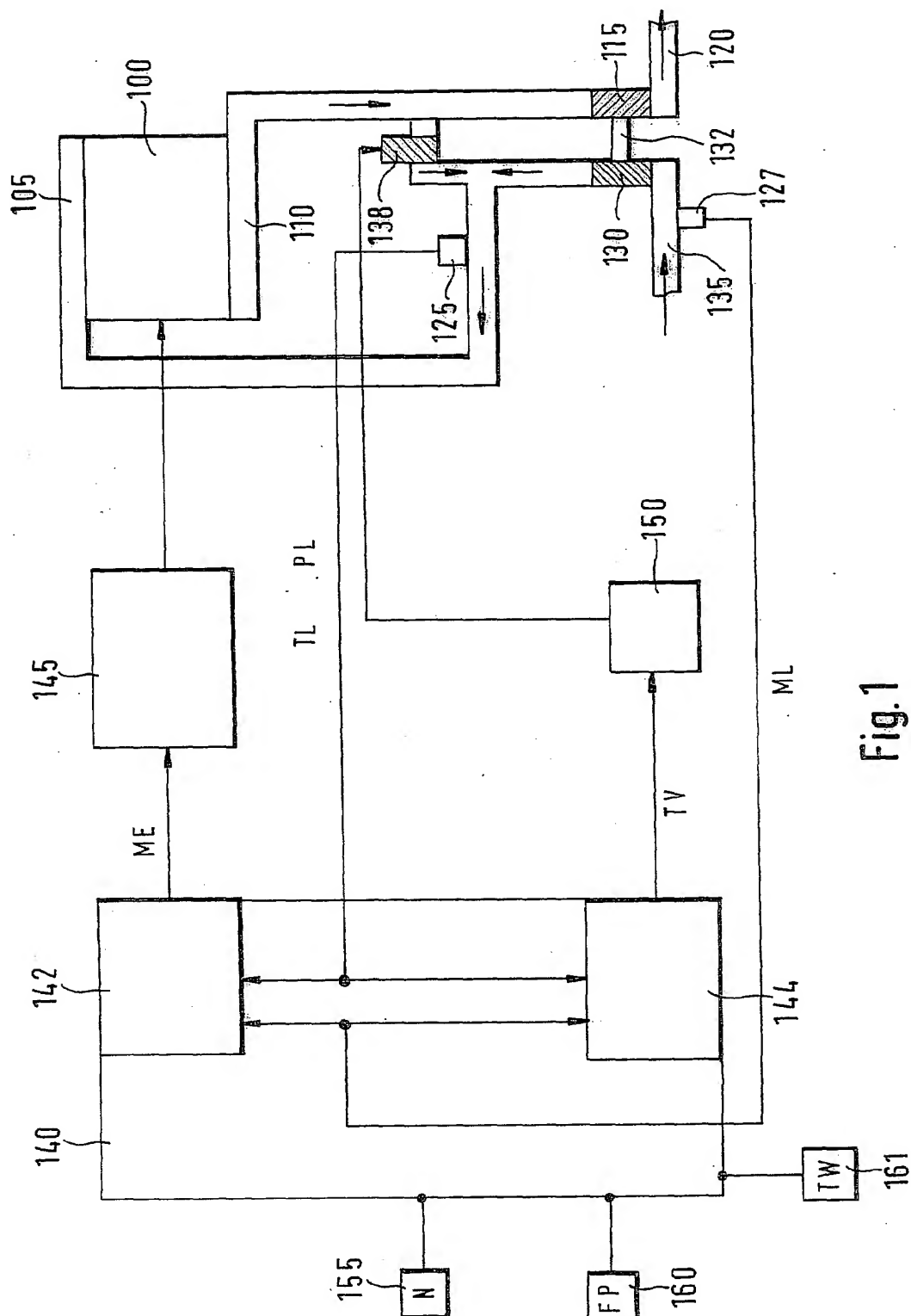


Fig. 1

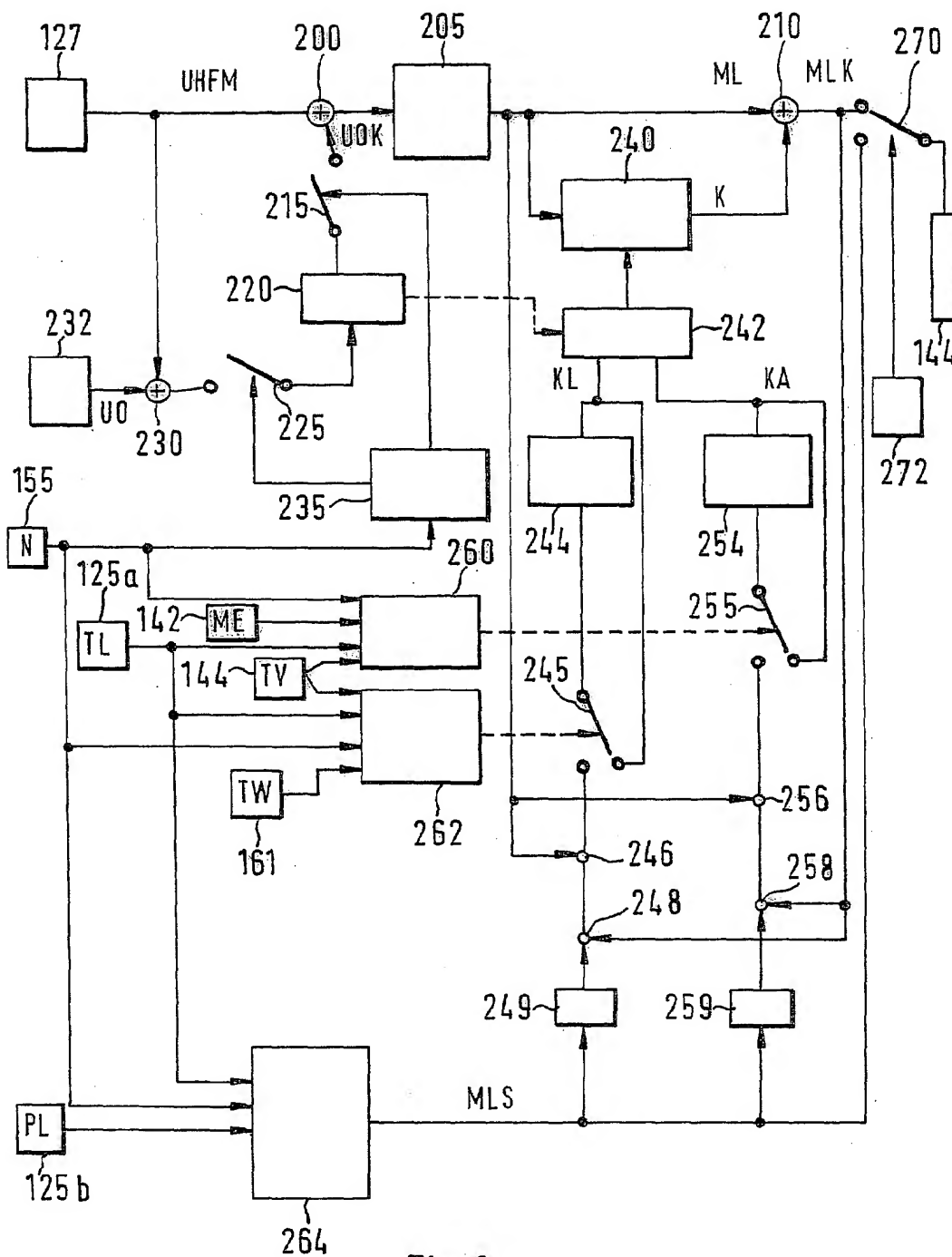
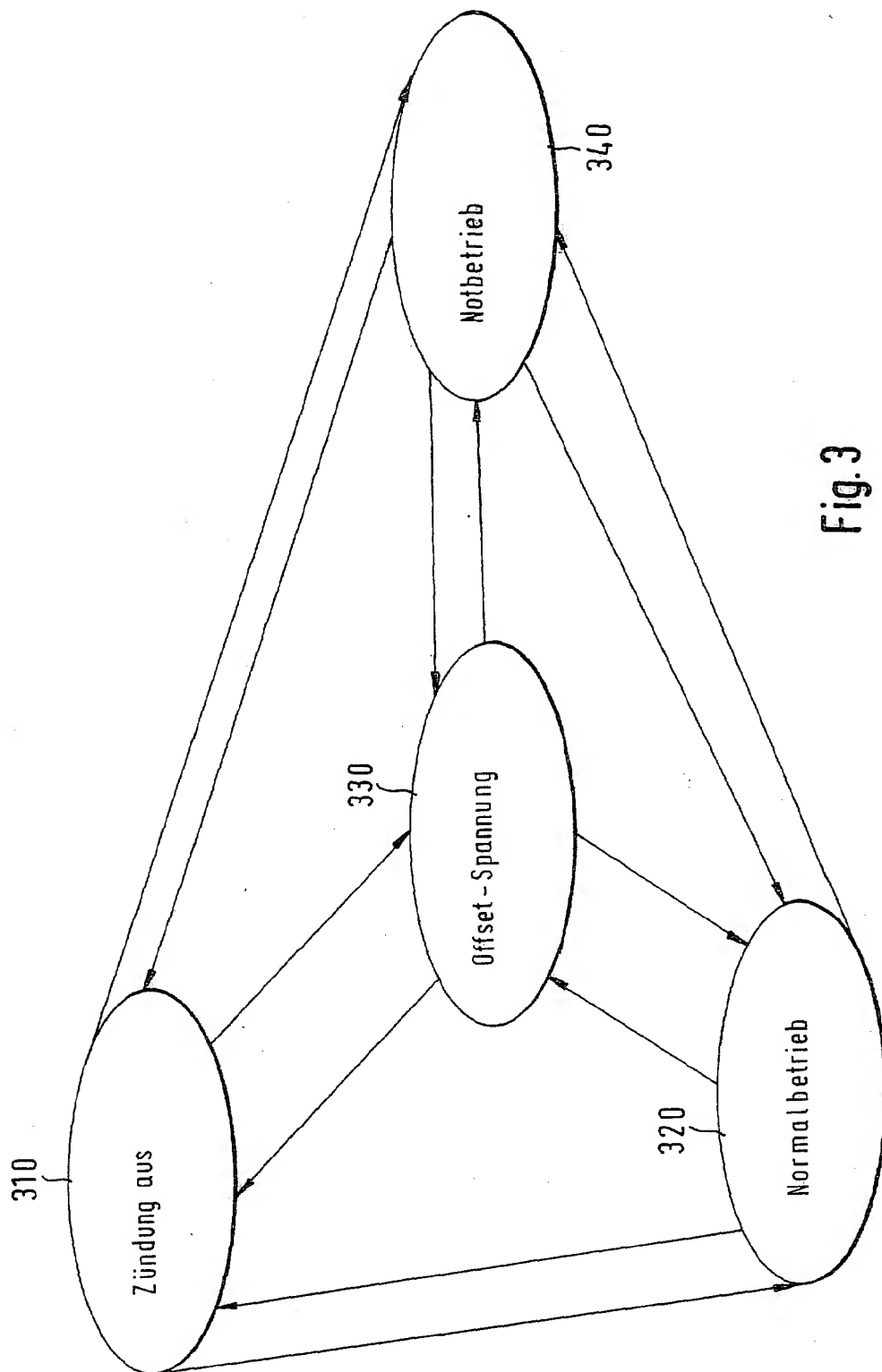


Fig. 2



**Fig. 3**

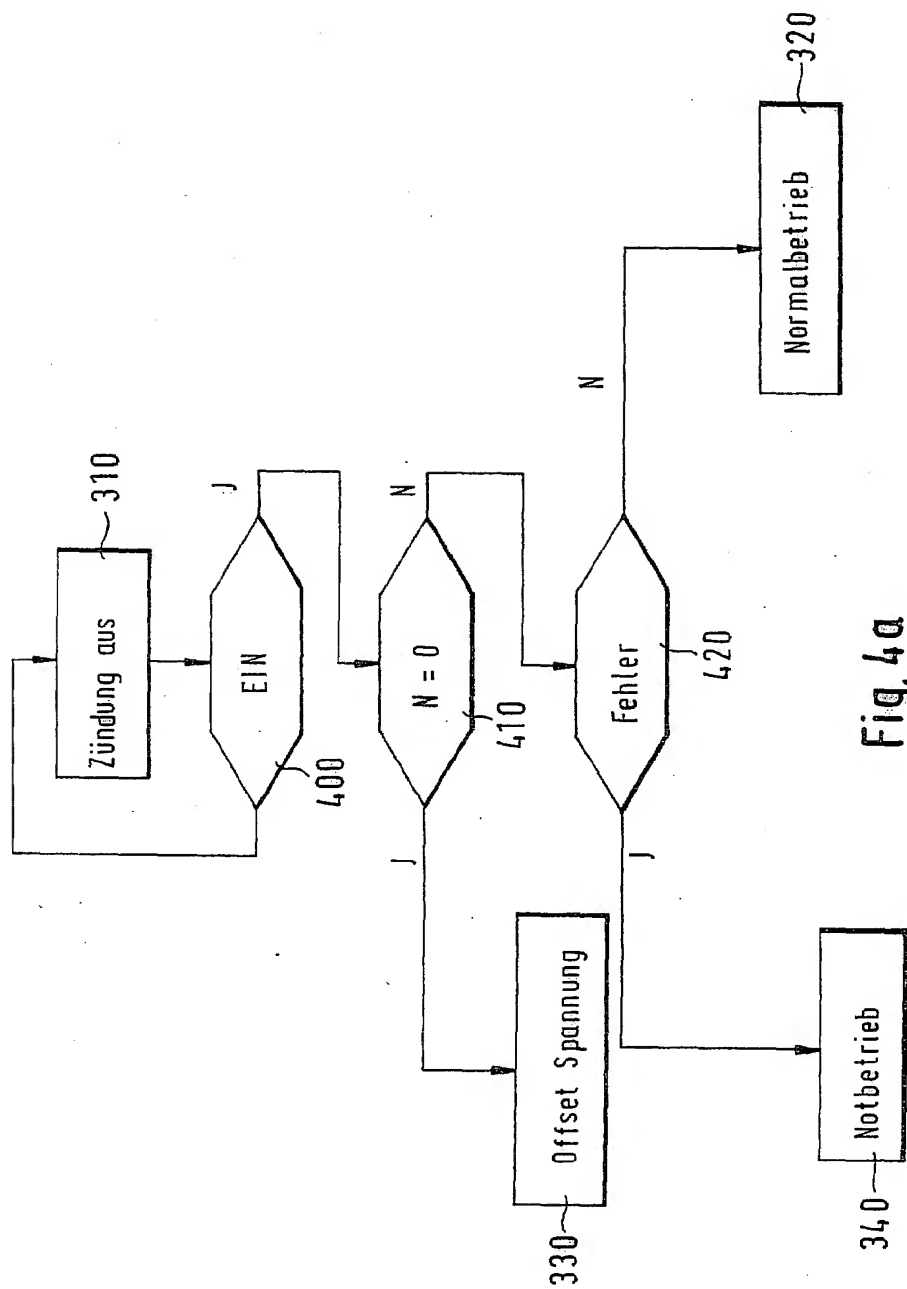


Fig. 4a

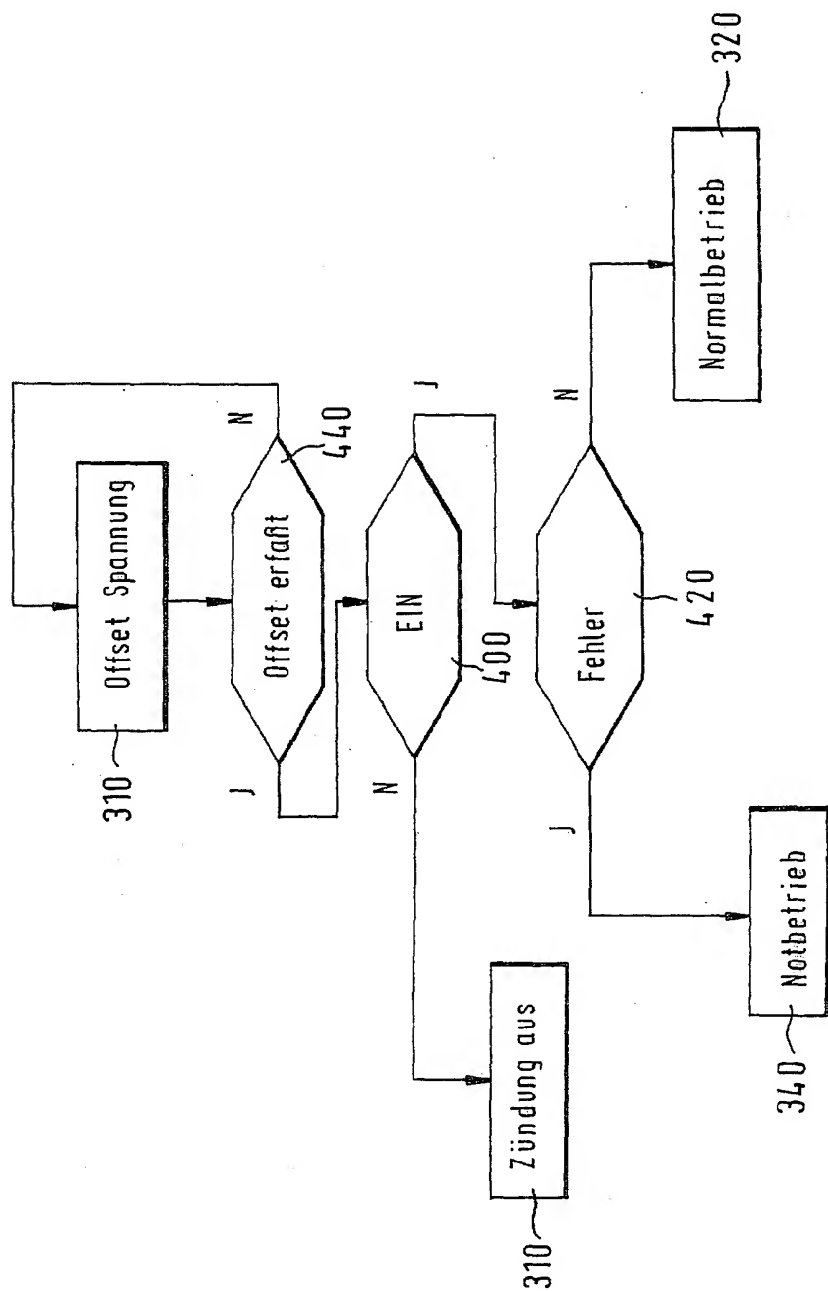


Fig. 4b

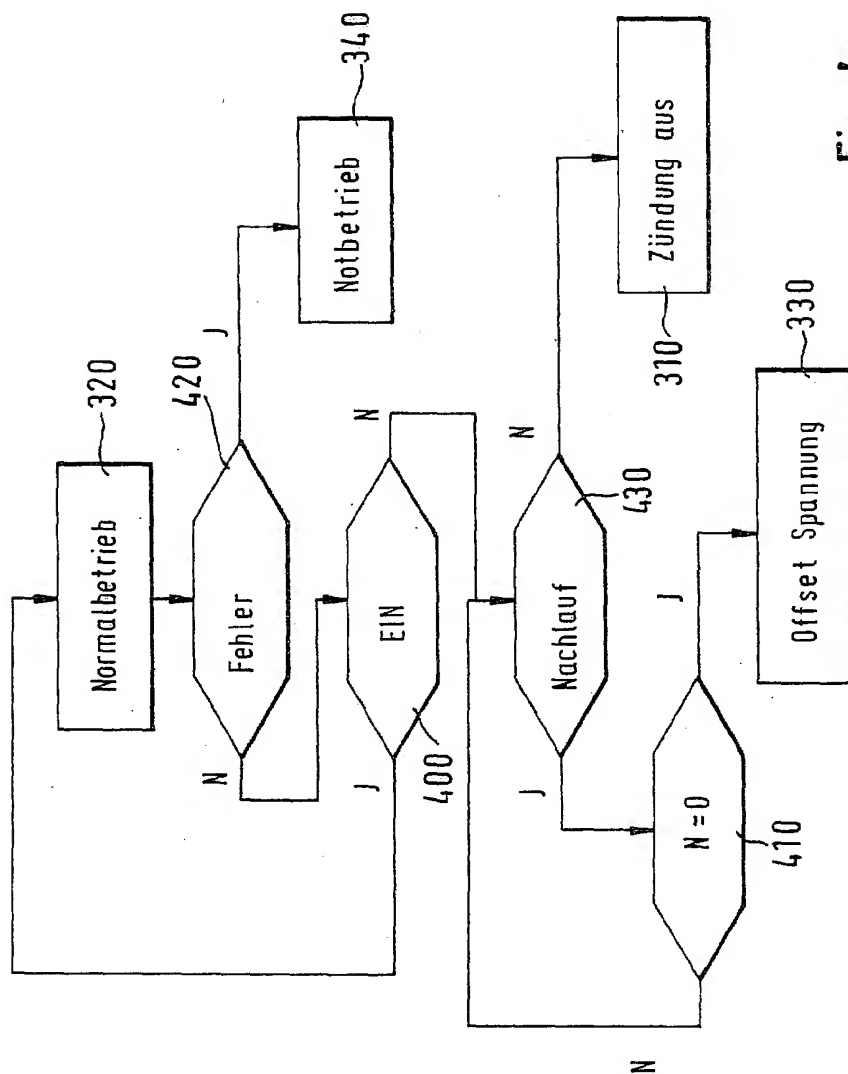


Fig. 4C

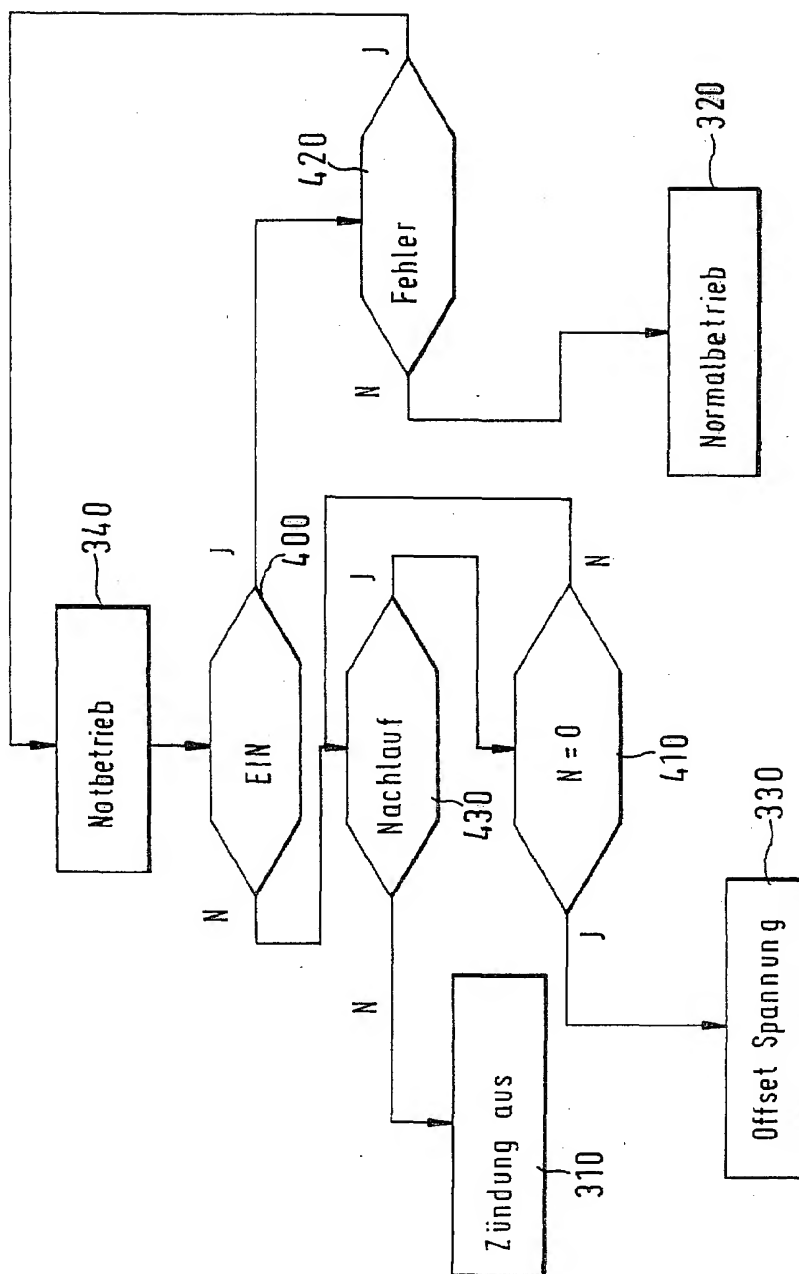


Fig. 4d

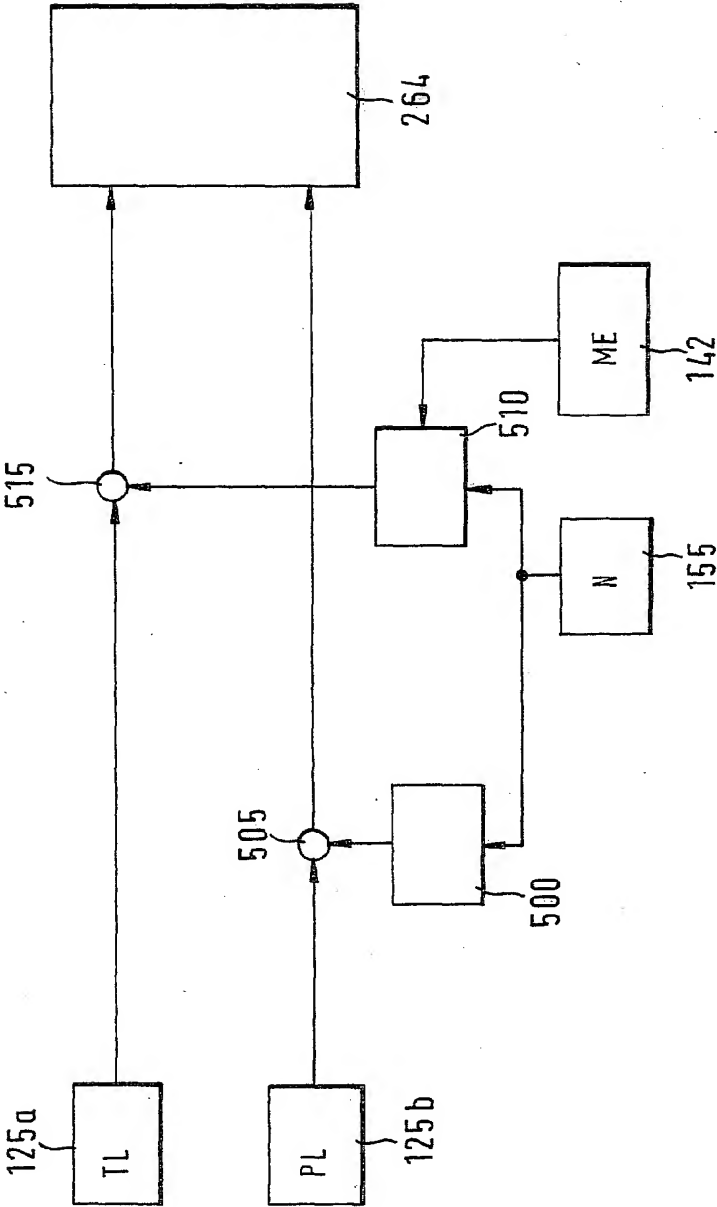


Fig. 5